

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-122176

(43) 公開日 平成11年(1999) 4 月30日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/08

H 0 4 B 9/00

K

G 0 1 J 3/51

G 0 1 J 3/51

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平9-280401

(22) 出願日

平成9年(1997)10月14日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 福島 暢洋

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松本 昂

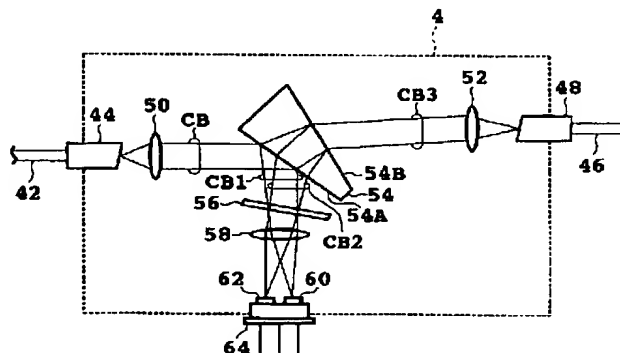
(54) 【発明の名称】 波長のモニタリング及び波長制御のための光デバイス

(57) 【要約】

【課題】 本発明は波長のモニタリング及び波長制御のための光デバイス（波長モニタ及び光送信機）に関し、部品点数が少なく構成が簡単な光デバイスの提供を課題としている。

【解決手段】 平行でない第1面54A、54Bを有し、第1面に供給された光ビームを、第1面で反射する第1のビームCB1と、第1面を通過し第2面で反射し再び第1面を通過する第2のビームCB2と、第1面及び第2面をこの順で通過する第3のビームCB3とに分けるための光学要素54と、入射角に従って異なる波長特性を有し、第1及び第2のビームが通過するように設けられる光フィルタ56と、光フィルタを通過した第1及び第2のビームをそれぞれ受けるためのフォトディテクタ60、62とから構成する。

波長モニタの実施形態を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに平行でない第 1 面及び第 2 面を有し、該第 1 面に供給された光ビームを、該第 1 面で反射する第 1 のビームと、該第 1 面を通過し該第 2 面で反射し再び該第 1 面を通過する第 2 のビームと、該第 1 面及び該第 2 面をこの順で通過する第 3 のビームとに分けるための光学要素と、

入射角に従って異なる波長特性を有し、上記第 1 及び第 2 のビームが通過するように設けられる光フィルタと、該光フィルタを通過した上記第 1 及び第 2 のビームをそれぞれ受けるための第 1 及び第 2 のフォトディテクタとを備えた光デバイス。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光デバイスであって、上記第 1 及び第 2 のビームの一方に対する上記光フィルタの波長特性は、与えられた波長に対して波長が長くなるに従って減少する透過率を与え、

上記第 1 及び第 2 のビームの他方に対する上記光フィルタの波長特性は、上記与えられた波長に対して波長が長くなるに従って増大する透過率を与える光デバイス。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の光デバイスであって、上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタの出力を比較するための差動増幅器を更に備えた光デバイス。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の光デバイスであって、上記光ビームが平行ビームになるように第 1 の光ファイバから出力された光をコリメートするための第 1 のレンズと、

上記第 3 のビームを集束させて第 2 の光ファイバに入力するための第 2 のレンズとを更に備えた光デバイス。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の光デバイスであって、上記光フィルタと上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタとの間に設けられ、上記光フィルタを通過した上記第 1 及び第 2 のビームをそれぞれ上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタの受光面に集束させるためのレンズを更に備えた光デバイス。

【請求項 6】 請求項 1 に記載の光デバイスであって、上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタは共通の半導体基板上に形成されあるいは共通のパッケージに收容されている光デバイス。

【請求項 7】 請求項 1 に記載の光デバイスであって、上記光ビームを出力する光源と、上記光ビームの波長が一定に保たれるように上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタの出力に基づき上記光源を制御する手段とを更に備えた光デバイス。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の光デバイスであって、上記光源はレーザダイオードであり、上記制御する手段は上記レーザダイオードの温度を制御する光デバイス。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の光デバイスであって、上記第 3 のビームのパワーを検出するための手段と、該検出されたパワーが一定に保たれるように上記レーザ

ダイオードの駆動電流を制御する手段とを更に備えた光デバイス。

【請求項 1 0】 互いに平行な第 1 面及び第 2 面を有し、該第 1 面に供給された光ビームを、該第 1 面で反射する第 1 のビームと、該第 1 面を通過し該第 2 面で反射し再び該第 1 面を通過する第 2 のビームと、該第 1 面及び該第 2 面をこの順で通過する第 3 のビームとに分けるための光学要素と、

入射位置に従って異なる波長特性を有し、上記第 1 及び第 2 のビームが通過するように設けられる光フィルタと、

該光フィルタを通過した上記第 1 及び第 2 のビームをそれぞれ受けるための第 1 及び第 2 のフォトディテクタとを備えた光デバイス。

【請求項 1 1】 請求項 1 0 に記載の光デバイスであって、

上記第 1 面及び上記第 2 面間の距離によって定義される上記光学要素の厚みは、上記第 1 及び第 2 のビームが互いに空間的に重ならないように設定される光デバイス。

【請求項 1 2】 請求項 1 0 に記載の光デバイスであって、

上記光フィルタは誘電体多層膜を含み、該多層膜の各々の厚みは上記第 1 のビームが通過する位置から上記第 2 のビームが通過する位置に向かって変化している光デバイス。

【請求項 1 3】 請求項 1 0 に記載の光デバイスであって、

上記第 1 及び第 2 のビームの一方に対する上記光フィルタの波長特性は、与えられた波長に対して波長が長くなるに従って減少する透過率を与え、

上記第 1 及び第 2 のビームの他方に対する上記光フィルタの波長特性は、上記与えられた波長に対して波長が長くなるに従って増大する透過率を与える光デバイス。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 に記載の光デバイスであって、

上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタの出力を比較するための差動増幅器を更に備えた光デバイス。

【請求項 1 5】 請求項 1 0 に記載の光デバイスであって、

上記光ビームが平行ビームになるように第 1 の光ファイバから出力された光をコリメートするための第 1 のレンズと、

上記第 3 のビームを集束させて第 2 の光ファイバに入力するための第 2 のレンズとを更に備えた光デバイス。

【請求項 1 6】 請求項 1 0 に記載の光デバイスであって、

上記光フィルタと上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタとの間に設けられ、上記光フィルタを通過した上記第 1 及び第 2 のビームをそれぞれ上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタの受光面に集束させるためのレンズを更に備

えた光デバイス。

【請求項 1 7】 請求項 1 0 に記載の光デバイスであって、

上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタは共通の半導体基板上に形成されあるいは共通のパッケージに收容されている光デバイス。

【請求項 1 8】 請求項 1 0 に記載の光デバイスであって、

上記光ビームを出力する光源と、

上記光ビームの波長が一定に保たれるように上記第 1 及び第 2 のフォトディテクタの出力に基づき上記光源を制御する手段とを更に備えた光デバイス。

【請求項 1 9】 請求項 1 8 に記載の光デバイスであって、

上記光源はレーザダイオードであり、

上記制御する手段は上記レーザダイオードの温度を制御する光デバイス。

【請求項 2 0】 請求項 1 9 に記載の光デバイスであって、

上記第 3 のビームのパワーを検出するための手段と、該検出されたパワーが一定に保たれるように上記レーザダイオードの駆動電流を制御する手段とを更に備えた光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的に、光信号の波長のモニタリングに関し、更に詳しくは、波長のモニタリング及び波長制御のための光デバイスに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】近年、低損失（例えば 0. 2 d B / k m）な光ファイバの製造技術及び使用技術が確立され、光ファイバを伝送路とする光通信システムが実用化されている。また、光ファイバにおける損失を補償して長距離の伝送を可能にするために、信号光を直接増幅するための光増幅器が開発されている。

【0 0 0 3】一方、光ファイバによる伝送容量を増大させるための技術として、波長分割多重（WDM）がある。WDM が適用されるシステムにおいては、異なる波長を有する複数の光キャリアが用いられる。各光キャリアを独立に変調することによって得られた複数の光信号が光マルチプレクサにより波長分割多重され、その結果得られた WDM 信号光が光ファイバ伝送路に送出される。受信側では、受けた WDM 信号光が光デマルチプレクサによって個々の光信号に分離され、各光信号に基づいて伝送データが再生される。従って、WDM の適用によって、当該多重数に応じて一本の光ファイバにおける伝送容量を増大させることができる。

【0 0 0 4】WDM が適用されるシステムを運用するに際しては、WDM 信号光の波長配置を一定に保つために、各光信号の波長がモニタリングされる。そのモニタ

リングの結果に基づいて、光信号の波長が監視されあるいは制御される。単一チャネルの光信号が用いられるシステムにおいても、光ファイバ伝送路において生じる波長分散を許容される小さな値に抑える等の目的で、その光信号の波長がモニタリングされる。

【0 0 0 5】波長のモニタリングのための装置として、例えば、実公昭 6 1 - 2 2 2 5 0 号公報に記載されている光波長検出器がある。この光波長検出器は、主光路より第 1 及び第 2 の分岐光を取り出すためのビームスプリッタと、第 1 及び第 2 の分岐光がそれぞれ入力するローパスフィルタ及びハイパスフィルタと、ローパスフィルタ及びハイパスフィルタの出力光をそれぞれ受ける第 1 及び第 2 のフォトディテクタと、第 1 及び第 2 のフォトディテクタの出力を比較する差動増幅器とを備えている。ローパスフィルタ及びハイパスフィルタの透過率の波長特性を、与えられた波長の近傍で波長の変化に対して互いに逆方向に変化するように設定することによって、差動増幅器の出力に波長が反映され、波長のモニタリングが可能になる。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】前述の従来の光波長検出器にあつては、異なる波長特性を有する 2 つの光フィルタ（ローパスフィルタ及びハイパスフィルタ）が必要であることから、部品点数が多く構成が複雑になりがちであるという問題があった。

【0 0 0 7】よって、本発明の目的は、部品点数が少なく且つ構成が簡単な、波長のモニタリング及び波長制御のための光デバイスを提供することにある。本発明の他の目的は以下の説明から明らかになる。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】本発明の第 1 の側面によると、波長のモニタリング及び波長制御のための光デバイスが提供される。光デバイスは、互いに平行でない第 1 面及び第 2 面を有する光学要素を含む。光学要素は、第 1 面に供給された光ビームを、第 1 面で反射する第 1 のビームと、第 1 面を通過し第 2 面で反射し再び第 1 面を通過する第 2 のビームと、第 1 面及び第 2 面をこの順で通過する第 3 のビームとに分ける。第 1 及び第 2 のビームが通過するように光フィルタが設けられる。光フィルタは、入射角に従って異なる波長特性を有する。光フィルタを通過した第 1 及び第 2 のビームは、それぞれ、第 1 及び第 2 のフォトディテクタに供給される。

【0 0 0 9】光学要素の第 1 面及び第 2 面は互いに平行でないので、第 1 及び第 2 のビームも互いに平行でない。従って、光フィルタに対する第 1 のビームの入射角は光フィルタに対する第 2 のビームの入射角と異なる。光フィルタは入射角に従って異なる波長特性を有しているので、第 1 のビームに対する光フィルタの波長特性は第 2 のビームに対する光フィルタの波長特性と異なるものとなる。この波長特性の違いに基づき、第 1 及び第 2

10

20

30

40

50

のフォトディテクタの出力により光ビームの波長をモニタリングすることができる。

【0010】例えば、第1及び第2のビームの一方に対する光フィルタの波長特性が、与えられた波長に対して波長が長くなるに従って減少する透過率を与え、且つ、第1及び第2のビームの他方に対する光フィルタの波長特性が、与えられた波長に対して波長が長くなるに従って増大する透過率を与える場合には、光ビームの波長は、第1及び第2のフォトディテクタの出力の差又は比に反映される。よって、この場合には、第1及び第2のフォトディテクタの出力を比較するための差動増幅器を用いることによって、容易に光ビームの波長をモニタリングすることができる。光フィルタのこのような異なる2つの波長特性は、例えば光フィルタとして帯域通過フィルタを用いることによって得ることができる。この場合、光フィルタへの入射角に従って通過帯域の中心波長が波長軸方向に変化する。

【0011】望ましくは、第1及び第2のフォトディテクタは共通の半導体基板上に形成されあるいは共通のパッケージに収容される。これにより、第1及び第2のフォトディテクタの特性は環境変化等に対して同じように変化するので、特に本発明のように第1及び第2のフォトディテクタの出力に基づき波長のモニタリング値を得る場合に、モニタリング精度が向上する。

【0012】光ビームを出力する光源を付加的に設けることによって、本発明による波長制御が適用される光送信機の提供が可能になる。第1及び第2のフォトディテクタの出力に基づき光源が制御され、それにより光ビームの波長が一定に保たれる。

【0013】例えば、光源はレーザダイオードであり、この場合、第1及び第2のフォトディテクタの出力に基づきレーザダイオードの温度が制御される。一般的に、レーザダイオードの発振波長は、温度が高くなるに従って長くなり、温度が低くなるに従って短くなるので、簡単なフィードバックループを構成することにより容易に光ビームの波長を一定に保つことができる。

【0014】本発明の第2の側面によると、波長のモニタリング及び波長制御のための他の光デバイスが提供される。光デバイスは、互いに平行な第1面及び第2面を有する光学要素を含む。光学要素は、第1面に供給された光ビームを、第1面で反射する第1のビームと、第1面を通過し第2面で反射し再び第1面を通過する第2のビームと、第1面及び第2面をこの順で通過する第3のビームとに分ける。第1及び第2のビームが通過するように光フィルタが設けられる。光フィルタは、入射位置に従って異なる波長特性を有している。光フィルタを通過した第1及び第2のビームは、それぞれ、第1及び第2のフォトディテクタに供給される。

【0015】光学要素の第1面及び第2面は互いに平行であるので、第1及び第2のビームは互いに平行であり

且つ空間的に異なる位置にある。従って、光フィルタに対する第1のビームの入射位置は光フィルタに対する第2のビームの入射位置と異なる。光フィルタは入射位置に従って異なる波長特性を有しているので、第1のビームに対する光フィルタの波長特性は第2のビームに対する光フィルタの波長特性と異なるものとなる。この波長特性の違いに基づき、第1及び第2のフォトディテクタの出力により光ビームの波長をモニタリングすることができる。

10 【0016】例えば、第1及び第2のビームの一方に対する光フィルタの波長特性が、与えられた波長に対して波長が長くなるに従って減少する透過率を与え、且つ、第1及び第2のビームの他方に対する光フィルタの波長特性が、与えられた波長に対して波長が長くなるに従って増大する透過率を与える場合には、光ビームの波長は、第1及び第2のフォトディテクタの出力の差又は比に反映される。よって、この場合には、第1及び第2のフォトディテクタの出力を比較するための差動増幅器を用いることによって、容易に光ビームの波長をモニタリングすることができる。光フィルタのこのような異なる2つの波長特性は、例えば光フィルタとして、各層の厚みが位置により変化している誘電体多層膜を含む帯域通過フィルタを用いることによって得ることができる。この場合、光フィルタへの入射位置に従って通過帯域の中心波長が波長軸方向に変化する。

20 【0017】望ましくは、第1及び第2のフォトディテクタは共通の半導体基板上に形成されあるいは共通のパッケージに収容される。これにより、第1及び第2のフォトディテクタの特性は環境変化等に対して同じように変化するので、特に本発明のように第1及び第2のフォトディテクタの出力に基づき波長のモニタリング値を得る場合に、モニタリング精度が向上する。

30 【0018】光ビームを出力する光源を付加的に設けることによって、本発明による波長制御が適用される光送信機の提供が可能になる。第1及び第2のフォトディテクタの出力に基づき光源が制御され、それにより光ビームの波長が一定に保たれる。

40 【0019】例えば、光源はレーザダイオードであり、この場合、第1及び第2のフォトディテクタの出力に基づきレーザダイオードの温度が制御される。一般的に、レーザダイオードの発振波長は、温度が高くなるに従って長くなり、温度が低くなるに従って短くなるので、簡単なフィードバックループを構成することにより容易に光ビームの波長を一定に保つことができる。

【0020】

50 【発明の実施の形態】以下、添付図面に従って本発明の望ましい実施の形態を詳細に説明する。図1を参照すると、本発明による光デバイスの一例として光送信機の実施形態が示されている。この光送信機は、キャリアビームCBを出力する光源としてのレーザダイオード(L

D) 2 と、キャリアビーム C B のための波長モニタ 4 と、供給された変調信号入力に従ってキャリアビーム C B を変調して光信号を出力する光変調器 6 とを備えている。ここでは、キャリアビーム C B は連続波 (C W) 光である。

【0021】波長モニタ 4 は、受けたキャリアビーム C B からモニタリングのためのビームを分岐するための光カプラ機能 8 と、分岐されたビームを受けその波長に応じた電気信号を出力するためのモニタリング機能 1 0 とを有する。

【0022】レーザダイオード 2 は、冷却用のペルチェ素子 1 2 上に搭載されている。ペルチェ素子 1 2 に供給される電流によりペルチェ素子 1 2 の冷却能力が調節され得る。従って、レーザダイオード 2 の放熱とペルチェ素子 1 2 の冷却能力とをバランスさせることによって、レーザダイオード 2 の温度は実質的に一定に保たれ得る。

【0023】特にこの実施形態では、温度制御回路 1 4 が、波長モニタ 4 の出力電気信号を受け、キャリアビーム C B の波長が一定に保たれるように、ペルチェ素子 1 2 に供給される電流を制御する。通常、レーザダイオード 2 の温度が高くなるとキャリアビーム C B の波長は長くなり、レーザダイオード 2 の温度が低くなるとキャリアビーム C B の波長は短くなるので、波長モニタ 4 により得られた波長が長くなった場合にはペルチェ素子 1 2 の冷却能力が高められ、波長モニタ 4 により得られた波長が短くなった場合にはペルチェ素子 1 2 の冷却能力が弱められる。このようなフィードバック制御により、キャリアビーム C B の波長が実質的に一定に保たれる。

【0024】波長モニタ 4 を通過したキャリアビーム C B は光カプラ 1 6 を通って光変調器 6 に供給される。光カプラ 1 6 では、キャリアビーム C B の光パワーのモニタリング用のビームが分岐され、その分岐ビームはフォトディテクタ (P D) 1 8 に供給される。フォトディテクタ 1 8 は受けたビームの光パワーに対応したレベルの電気信号を出力する。フォトディテクタ 1 8 の出力信号は電流制御回路 2 0 に供給される。

【0025】電流制御回路 2 0 は、フォトディテクタ 1 8 の出力信号レベルが一定に保たれるように、電流源 2 2 からレーザダイオード 2 に供給されるレーザダイオード 2 の駆動電流を制御する。これにより、光変調器 6 に供給されるキャリアビーム C B の光パワーが実質的に一定になり、光変調器 6 から出力される光信号の振幅を一定にすることができる。

【0026】この実施形態によると、経時変化等に起因してレーザダイオード 2 から出力されるキャリアビーム C B の波長及び／又は光パワーが変化したとしても、波長制御のためのフィードバックループ (波長モニタ 4、温度制御回路 1 4 及びペルチェ素子 1 2 を含む) と光パワーのためのフィードバックループ (光カプラ 1 6、フ

ォトディテクタ 1 8 及び電流制御回路 2 0 を含む) とが用いられていることにより、光変調器 6 から出力される光信号の波長及び振幅を一定に保つことができる。従って、この光送信機を WDM の送信局の各チャネルに適用することによって、高密度な WDM が可能になる。

【0027】この実施形態では、波長を一定に保つためにレーザダイオード 2 の温度が制御されているが、これは、光パワーを一定に保つための制御対象としてレーザダイオード 2 の駆動電流が用いられているからである。

10 従って、光パワーを一定に保つためのフィードバックループが不要である場合、あるいは、光パワーを一定に保つために光減衰器あるいは光増幅器が付加的に設けられている場合には、レーザダイオード 2 への駆動電流により波長が制御されてもよい。

【0028】また、変調信号に従う光信号を得るために、この実施形態では、光変調器 6 がレーザダイオード 2 とは独立に設けられているが、光変調器 6 を用いずにレーザダイオード 2 を変調信号入力に従って直接変調してもよい。あるいは、レーザダイオード 2 の直後に光変調器 6 を設けておき、波長モニタ 4 及び光カプラ 1 6 を光変調器 6 の下流側に設け、光変調器 6 から出力された光信号について波長及び光パワーについてフィードバック制御を行ってもよい。

【0029】図 2 を参照すると、図 1 に示される本発明による波長モニタ 4 に代替可能な従来技術による波長モニタ 4' が示されている。本発明による波長モニタ 4 の優位性を説明するために有用と思われるので、まず、従来技術による波長モニタ 4' の構成及び動作原理について説明する。

30 【0030】光カプラ 2 3 によりキャリアビーム C B から分岐されたビーム 2 4 は、光カプラ 2 5 によりビーム 2 6 及び 2 8 に分けられる。ビーム 2 6 はローパスフィルタ 3 0 を通過してフォトディテクタ 3 2 に入射し、ビーム 2 8 はハイパスフィルタ 3 4 を通過してフォトディテクタ 3 6 に入射する。

【0031】図 3 は図 2 の波長モニタの動作原理の説明図である。ローパスフィルタ 3 0 及びハイパスフィルタ 3 4 は、それぞれ、図 3 に符号 3 8 及び 4 0 で示されるような特性を有している。即ち、与えられた波長 (キャリアビーム C B の波長として想定される波長) の近傍で、波長の変化に対して透過光パワーが互いに逆方向に変化する。従って、フォトディテクタ 3 2 及び 3 6 により得られる透過光パワーの差又は比に基づいて、キャリアビーム C B の波長がモニタリングされる。

40 【0032】図 4 を参照すると、本発明による波長のモニタリングのための光デバイスとして波長モニタ 4 の実施形態が示されている。波長モニタ 4 の入力ポートは、光ファイバ 4 2 と光ファイバ 4 2 の端面が露出するようにその端部が挿入固定されるフェルール 4 4 とによって提供され、波長モニタ 4 の出力ポートは、光ファイバ 4

6と光ファイバ46の端面が露出するようにその端部が挿入固定されるフェルル48とによって提供されている。光ファイバ42は図1のレーザダイオード2に光学的に接続される。

【0033】フェルル44に対向してレンズ50が設けられており、これにより、キャリアビームCBは実質的に平行ビーム（コリメートビーム）になっている。また、フェルル48に対向してレンズ52が設けられている。

【0034】波長モニタ4は、キャリアビームCBを3つのビームCB1、CB2及びCB3に分けるための光学要素としてくさび板54を備えている。くさび板54はキャリアビームCBに対して実質的に透明な材料からなり、例えばガラス製である。くさび板54は互いに平行でない平坦な第1面54A及び第2面54Bを有している。

【0035】レンズ50によりコリメートされたキャリアビームCBは、くさび板54の第1面54Aに供給される。くさび板54は、供給されたキャリアビームCBを、第1面54Aで反射するビームCB1と、第1面54Aを通過し第2面54Bで反射し再び第1面54Aを通過するビームCB2と、第1面54A及び第2面54Bをこの順で通過するビームCB3とに分ける。

【0036】ビームCB3はレンズ52により集束させられて光ファイバ46にその端面から入力される。ビームCB1は透過型の光フィルタ56を通過してレンズ58により集束させられてフォトディテクタ60の受光面に入力される。ビームCB2は光フィルタ56を通過してレンズ58により集束させられてフォトディテクタ62の受光面に入力される。

【0037】フォトディテクタ60及び62の各々は例えばフォトダイオードであり、これらのフォトダイオードはこの実施形態では共通のパッケージ64（カンは図示せず）に収容されている。

【0038】図5は図4の波長モニタ4の回路図である。フォトディテクタ（フォトダイオード）60及び62の各々には逆バイアス電圧がかけられている。フォトディテクタ60のアノードは接地され、カソードは抵抗66を介してプラスの電源線に接続される。フォトディテクタ62のアノードは接地され、カソードは抵抗68を介してプラスの電源線に接続される。

【0039】フォトディテクタ60に光フィルタ56を通過したビームCB1が入射すると、その光パワーに応じた光電流がフォトディテクタ60に流れ、従って、ビームCB1の光パワーはフォトディテクタ60のカソード電位に反映される。また、光フィルタ56を通過したビームCB2がフォトディテクタ62に入射すると、その光パワーに応じた光電流がフォトディテクタ62に流れるので、ビームCB2の光パワーはフォトディテクタ62のカソード電位に反映される。ここでは、フォトデ

ィテクタ60のカソード電位とフォトディテクタ62のカソード電位とを比較するために、差動増幅器70が付加的に用いられている。

【0040】図6を参照すると、図4に示される光フィルタ56の波長特性が示されている。ここで、波長特性というのは、透過型の光フィルタにおいて透過率（又は透過光パワー）と波長との関係を表す特性のことである。

【0041】光フィルタ56は入射角に従って異なる波長特性を有している。具体的には、光フィルタ56は帯域通過フィルタであり、例えば、ガラス板上に誘電体多層膜を積層して製造される。誘電体多層膜は、比較的高屈折率なTiO₂層と比較的低屈折率なSiO₂層とを交互に積層して得られる。

【0042】光フィルタ56への入射角が変化すると、それに伴って、最大透過率を与える波長（あるいは通過帯域の中心波長）が図6に示されるように波長軸方向に変化する。図6には、例として入射角が6通りのときの波長特性が示されており、入射角が大きくなるに従って最大透過率を与える波長が短くなっている。

【0043】図4の実施形態では、くさび板54の第1面54A及び54Bは互いに平行でないので、ビームCB1及びCB2も互いに平行でない。従って、第1面54A及び第2面54Bがなす角並びにくさび板54及び光フィルタ56の配置形態等を適切に設定することによって、ビームCB1及びCB2に対して光フィルタ56の異なる波長特性を得ることができる。

【0044】図7を参照して、図4の波長モニタ4の動作原理を説明する。図7において、縦軸は光フィルタ56の透過光パワー、横軸は波長を表している。ビームCB1に対してはWC1で示されるような波長特性が得られており、ビームCB2に対しては波長特性WC1とは異なる波長特性WC2が得られている。

【0045】与えられた波長（キャリアビームCBの波長として想定される波長）の範囲72において、波長特性WC1は波長が長くなるに従って減少する透過率（透過光パワー）を与えており、波長特性WC2は波長が長くなるに従って増大する透過率（透過光パワー）を与えている。

【0046】従って、もし、波長特性WC1及びWC2がクロスする点が得られるように、即ち、波長範囲72において光フィルタ56に対するビームCB1及びCB2の透過光パワーが等しくなるように、図1の温度制御回路14が制御を行ったとすれば、キャリアビームCBの波長は前記クロスポイントを与える波長に維持されることとなる。

【0047】この実施形態では、図5に示されるような差動増幅器70が用いられているので、より一般的な波長のモニタリング及び波長制御が可能である。具体的には次の通りである。

【0048】例えば、図7に示されるように、キャリアビームCBの波長が入であるときに、光フィルタ56に対するビームCB1の透過光パワーが P_1 であり、光フィルタ56に対するビームCB2の透過光パワーが P_2 であるとする。また、パワー P_1 及び P_2 にそれぞれ対応してフォトディテクタ60及び62から出力される電圧レベルが V_1 及び V_2 であるとする。

【0049】この場合、波長範囲72内においては、波長 λ と透過光パワー P_1 及び P_2 の差又は比とは1対1に対応するので、波長の値は差動増幅器70の出力レベルに反映されることとなるのである。従って、差動増幅器70の出力信号を用いて図1の温度制御回路14を動作させることによって、容易にキャリアビームCBの波長を一定に保つことができる。

【0050】この実施形態で光フィルタ56としてバンドパスフィルタを用いているのは、入射角に従って波長特性が波長軸方向にずれることを用いて、与えられた波長範囲内で互いにクロスするような2つの波長特性が得られるからである。これに伴い、差動増幅器の付加的な使用により、波長のモニタリング及び波長制御を容易に行うことができる。

【0051】この実施形態では、レンズ50を用いてキャリアビームCBが平行ビームになるようにしているので、ビームCB1及びCB2も平行ビームになる。その結果、ビームCB1を形成している光線要素の光フィルタ56への入射角が等しくなり、また、ビームCB2を形成している光線要素の光フィルタ56への入射角が等しくなり、各ビームに対応して得られる波長特性が鈍ることが防止される。

【0052】この実施形態では、光フィルタ56を透過したビームCB1及びCB2の双方に作用する共通のレンズ58を光フィルタ56とフォトディテクタ60及び62との間に設けているので、各受光面積が小さい場合でも、フォトディテクタ60及び62の結合効率を高め、波長モニタリングの精度を高めることができる。

【0053】くさび板54の第1面54A及び54Bの各々の反射率は例えば約4%である。この場合、ビームCB1のパワーはキャリアビームCBのパワーの約4%であり、ビームCB2のパワーはキャリアビームCBのパワーの約3.7 ($4 \times 0.96 \times 0.96$) %となる。両者は殆ど同じであるから、図7に示されるように、波長特性WC1の最大透過光パワーは波長特性WC2の最大透過光パワーにほぼ等しくなっている。

【0054】くさび板54の第1面54A及び54Bの各々の反射率がより高い場合には、波長特性WC1の最大透過光パワーよりも波長特性WC2の最大透過光パワーの方が小さくなるが、このような場合でも、波長と透過光パワーの比又は差とが1対1に対応する点が変わらないので、問題が生じることはない。このような得られる2つの波長特性のアンバランスを補正するために、フ

ォトディテクタ60及び62のいずれか一方にオフセット電圧が与えられてもよい。

【0055】この実施形態では、フォトディテクタ60及び62は共通のパッケージ64に収容されているので、温度変動等による波長特性WC1及びWC2の変動は同じような挙動をとるので、各変動は相殺され、波長のモニタリング及び波長制御における精度が向上する。

【0056】この実施形態では、1つの光フィルタ56により2つの波長特性WC1及びWC2が得られるので、図2の従来技術と比較して光フィルタの数を減らすことができる。また、図1の光カプラ機能8に対応してくさび板54が用いられているので、ビームCB1及びCB2を直接キャリアビームCBから分岐することができ、図2の従来技術における光カプラ25が不要になる。このように本実施形態によると部品点数が少なく構成が簡単な光デバイスの提供が可能になる。

【0057】図8を参照すると、本発明による波長のモニタリング及び波長制御のための光デバイスとして波長モニタ4の他の実施形態が示されている。ここでは、キャリアビームCBを3つのビームCB1、CB2及びCB3に分けるための光学要素としてガラス等の透明な材質からなる平板74が用いられており、特定設計の光フィルタ76が用いられ、フォトディテクタ60及び62は共通の基板（例えば半導体基板）78上に一体に形成されている。図4に示されるレンズ58は省略されているが、レンズ58を設けてモニタリング精度を高めるようにしてもよい。

【0058】平板74は互いに平行な第1面74A及び74Bを有している。レンズ50によりコリメートされたキャリアビームCBは第1面74Aに供給される。平板74は、第1面74Aに供給されたキャリアビームCBを、第1面74で反射するビームCB1と、第1面74Aを通過し第2面74Bで反射し再び第1面74Aを通過するビームCB2と、第1面74A及び第2面74Bをこの順で通過するビームCB3とに分ける。

【0059】ビームCB3はレンズ52により集束させられて光ファイバ46にその端面から入力される。ビームCB1及びCB2は光フィルタ76を通過してそれぞれフォトディテクタ60及び62に供給される。

【0060】図9を参照すると、図8に示される光フィルタ76の断面構成が示されている。光フィルタ76は、ガラス等からなる透明な平板80と、平板80上に積層された誘電体多層膜82とからなる。誘電体多層膜82は、例えば、比較的屈折率の高い TiO_2 と比較的屈折率の低い SiO_2 とを交互に複数積層して構成される。誘電体多層膜82の各層の厚みは、ビームCB1が通過する位置からビームCB2が通過する位置に向かって変化している。これにより、光フィルタ76は、入射位置に従って異なる波長特性を有するようになる。

【0061】従って、誘電体多層膜82の設計並びにビ

ームCB1及びCB2の通過位置の設定を適切に行うことによって、ビームCB1及びCB2に対してそれぞれ図7の波長特性WC1及びWC2を得ることができ、図4の波長モニタと同じような動作を図8の波長モニタに行わせることができる。図8の波長モニタの動作原理及び得られる効果については、重複を避けるために説明を省略する。

【0062】第1面74A及び74B間の距離によって定義される平板74の厚みは、ビームCB1及びCB2が互いに空間的に重ならないように設定される。それにより、各波長特性が鈍ることが防止され、波長のモニタリング及び波長制御における精度が高まる。

【0063】図8の実施形態で光フィルタ76が入射位置に従って異なる波長特性を有するようにしているのは、この実施形態ではビームCB1及びCB2が平行でありこれらに対して光フィルタ76が異なる波長特性を与えるようにするためである。

【0064】フォトディテクタ60及び62を共通の基板78上に形成していることにより得られる効果は、図4においてフォトディテクタ60及び62を共通のパッケージ64に収容していることにより得られる効果にほぼ等しいが、フォトディテクタ60及び62が基板78により一体である分だけ、その効果も大きい。

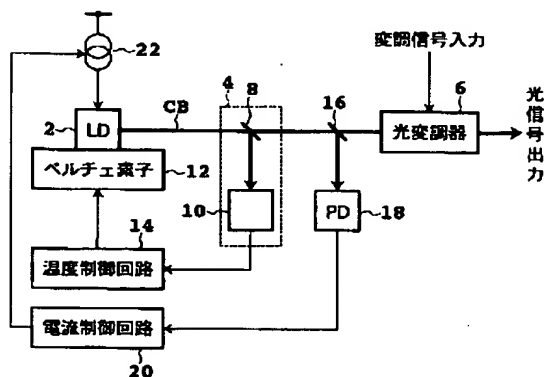
【0065】以上説明した各実施例において、反射率や透過率に偏波依存性がある場合には、波長のモニタリング及び波長制御における精度が悪くなる可能性がある。このような可能性を排除するためには、光ファイバ42として偏波保持ファイバを用いて、キャリアビームCBが常に一定の偏波状態で与えられるようにするとよい。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、

【図1】

光送信機の実施形態を示すブロック図



部品点数が少なく且つ構成が簡単な、波長のモニタリング及び波長制御のための光デバイスの提供が可能になるという効果が生じる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明による光送信機の実施形態を示すブロック図である。

【図2】図2は従来技術による波長モニタを示す図である。

【図3】図3は図2の波長モニタの動作原理の説明図である。

【図4】図4は本発明による波長モニタの実施形態を示す図である。

【図5】図5は図4の波長モニタの回路図である。

【図6】図6は図4に示される光フィルタの波長特性の入射角依存性を示す図である。

【図7】図7は図4の波長モニタの動作原理の説明図である。

【図8】図8は本発明による波長モニタの他の実施形態を示すブロック図である。

【図9】図9は図8に示される光フィルタの断面構成を示す図である。

【符号の説明】

2 レーザダイオード

4, 4' 波長モニタ

6 光変調器

42, 46 光ファイバ

50, 52, 58 レンズ

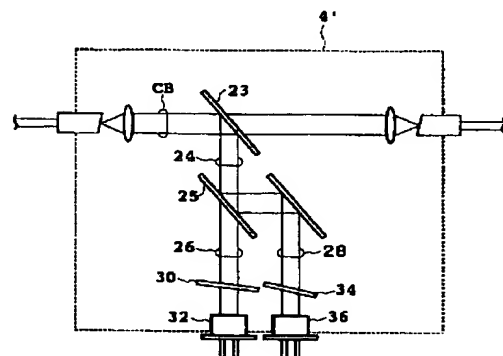
54 くさび板

56, 76 光フィルタ

30 60, 62 フォトディテクタ

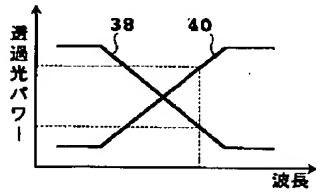
【図2】

波長モニタの従来技術を示す図



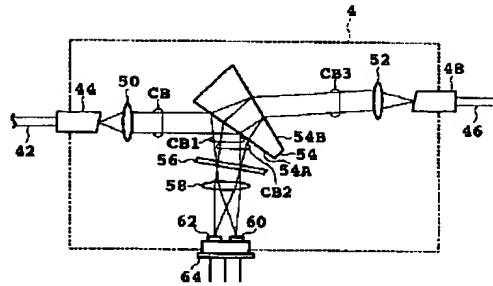
【図 3】

図 2 の波長モニタの動作原理の説明図



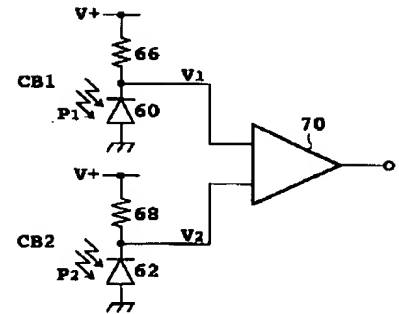
【図 4】

波長モニタの実施形態を示す図

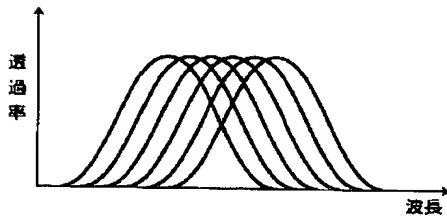


【図 5】

図 4 の波長モニタの回路図

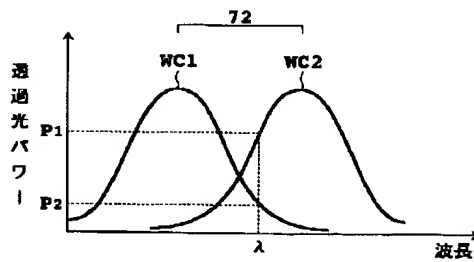


【図 6】

図 4 に示される光フィルタの
波長特性の入射角依存性を示す図

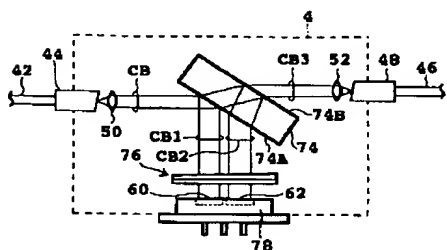
【図 7】

図 4 の波長モニタの動作原理の説明図



【図 8】

波長モニタの他の実施形態を示すブロック図



【図 9】

図 8 に示される光フィルタの断面構成を示す図

